INDICE

1 POTENCIAS E INTENSIDADES DE CÁLCULO.

1.1 Potencia instalada.

Potencia en Centro de transformación: 1600 kVA

Potencia Motor de cogeneración: 726 kW

1.2 Intensidades.

La intensidad correspondiente a cada una de las potencias citadas anteriormente, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

Siendo:

S = Potencia aparente en VA.

P = Potencia activa en W.

V = Tensión en V.

Obteniendo de esta manera las intensidades a circular por cada una de las líneas a dimensionar en el presente proyecto:

Circuito	S (kVA)	P (kW)	U (kV)	I (A)
Línea M.T. interconexión C.T. y Centro Seccionamiento y Medida	1600	-	20	46,24
Línea B.T. alimentación de Cuadro Motor a C.T.	-	726	0,40	1047,90

2 LÍNEA SUBTERRANEA DE M.T.

2.1 Datos técnicos

Las características técnicas de la línea subterránea de media tensión que interviene en el presente proyecto son las siguientes:

- Forma de la corriente .... Alterna trifásica
- Tensión de servicio .... 20 kV.
- Frecuencia .... 50 Hz.
- Material del conductor .... Aluminio.
- Sección del conductor .... 150 mm2.

Circuito	S (kVA)	L (km)	s (mm^2)
Línea M.T. interconexión C.T. y Centro Seccionamiento y Medida	1600	0,180	150

El citado circuito se compondrá de tres conductores unipolares de aluminio, con denominación RHZ1-OL 18/30 kV.

2.2 Corriente de cortocircuito

La intensidad de cortocircuito $I_{cc.máx.}$ viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc.máx.} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_s}$$

Donde:

P_{cc} : Potencia de Cortocircuito = 500 MVA

V_s : Tensión de servicio = 20 Kv

Sustituyendo se tiene un valor de: $I_{cc.máx.}$ = 14,43 kA, en cabecera de la instalación.

De acuerdo con la norma UNE 21192, la intensidad de cortocircuito admisible para un tiempo de duración del cortocircuito fase-fase de 1 segundo, a una temperatura de 250 °C alcanzada por el conductor, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso de cortocircuito es absorbido por el propio conductor, para un conductor de aluminio de 150 mm², es de:

→ Límite térmico en el conductor (T=250 °C, 1 s.) .... 15 KA > 14,43 KA

Por tanto, la intensidad de cortocircuito soportada por el conductor es superior a la máxima que se podría producir.

En cuanto a la intensidad de cortocircuito en la pantalla del cable elegido, ésta deberá soportar una corriente de cortocircuito monofásico a tierra de 1000 A, que es la máxima permitida por norma de la Compañía eléctrica distribuidora en redes subterráneas.

De acuerdo con la norma IEC 949, la intensidad de cortocircuito admisible para un tiempo de duración del cortocircuito fase-tierra de 1 segundo, a una temperatura de 160 °C alcanzada por la pantalla, para un diámetro medio de pantalla de 16 mm, es de:

→ Límite térmico en la pantalla (T=160 °C, 1 s.) .... 3,13 KA. > 1,00 KA.

Por tanto, la intensidad de cortocircuito que puede soportar la pantalla es superior a la máxima permitida.

2.3 Criterio térmico

Este criterio impone que la intensidad máxima admisible por el cable enterrado a 25ºC en las condiciones de la instalación, sea mayor a la intensidad prevista a circular por la línea. De este modo nos aseguramos que el aislamiento del cable no sufra daños por exceso térmico durante su servicio en régimen permanente.

La intensidad prevista a circular por la línea es:

Circuito	S (kVA)	U (kV)	I (A)
Línea M.T. interconexión C.T. y Centro Seccionamiento y Medida	1600	20	46,24

Las intensidades máximas admisibles por la terna de cables unipolares de conductor de Al de las correspondientes secciones enterradas bajo tubo a 25ºC y en zanja a una profundidad de 1 metro son las siguientes:

Circuito	I (A)	s (mm^2)	$I_{máx.adm.}$ (A)
Línea M.T. interconexión C.T. y Centro Seccionamiento y Medida	46,24	150	315

Con lo que éstas serán mayores a la intensidad prevista a circular por la línea, cumpliéndose de este modo el criterio térmico.

2.4 Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea viene dada por:

$$\Delta V = \varepsilon \cdot M_e$$
$$\varepsilon = \sqrt{3} \cdot \left(r \cdot \cos\varphi + x \cdot sen\varphi \right)$$
$$M_e = I \cdot L$$

Donde:

ΔV: Caída de tensión simple en voltios

r: Resistencia del cable a 90ºC en Ω/km

x: Reactancia del cable en Ω/km

φ: Ángulo de desfase (cos φ = 0,8)

I: Intensidad de línea en amperios

L: Longitud de línea en kilómetros

Y debe ser menor del 5% de la tensión de la red, lo que implica que la máxima caída de tensión que se puede dar en la línea sea de 750 V, siendo el valor de la caída de tensión de la línea la siguiente:

Circuito	s (mm^2)	r (Ω/km)	x (Ω/km)	I (A)	L (km)	ΔV (V)
Línea M.T. interconexión C.T. y Centro Seccionamiento y Medida	150	0,262	0,112	46,24	0,180	3,99

3 LÍNEA SUBTERRANEA DE M.T.

3.1 Cálculo de la red de tierra

3.1.1 Datos de partida

Para los cálculos se partirá de los valores de la resistividad del terreno, tomados de la tabla 1 de la MIE RAT 13, así como, los facilitados por la Cía. suministradora.

Los datos de partida son:

- Intensidad máxima de defecto .... 1.000 A.

- Tiempo máximo de desconexión .... 1 seg

- Resistividad media del terreno (Ro) .... 200 Ω.m.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA.

Dado que se prevé que la tensión de servicio pase en un futuro a 20 kV y que,
Cuando se produzca esta circunstancia se conservarán los valores característicos actuales del régimen de neutro, la instalación de tierras se dimensionará para la situación más desfavorable, que va a ser la de 20 kV. Por tanto, los cálculos que siguen van referidos a una tensión de 20 kV.

3.1.2 Tierra de protección

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

Sistema de anillo cerrado dominador de potencial, constituido por cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección, enterrado a una profundidad mínima de 0,5 m en una zanja y en el que se instalarán electrodos en forma de pica de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 m. de longitud, situados diametralmente opuestos en el anillo.

Según la configuración tipo de electrodos de tierra escogidos, el Método de Cálculo para P.A.T. en C.T. de UNESA, nos proporciona constantes unitarias para el cálculo de la resistencia de tierra, tensión de contacto y tensión de paso.

- Rectángulo: 7,0 m x 3,5 m.
- Sección conductor: 50 mm².
- Diámetro picas: 14 mm.
- Longitud de la pica: 2 m.
- Profundidad: 0,5 m. mínimo.
- Nº de picas: 4
    - K_r = 0,078
    - K_p = 0,0171
    - K_c = 0,0376
- Código de la configuración: **70-35/5/42**.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (Rt), intensidad y tensión de defecto correspondientes (Id, Ud), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, Rt: Rt = Kr *σ

- Intensidad de defecto, Id:

$$\mathrm{Id} = \frac{\mathrm{Usmax\ V}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(Rn + Rt)^2 + Xn^2}}$$

donde Usmax=20000

- Tensión de defecto, Ud: Ud = Id * Rt .

Siendo:

σ = 200 Ω *m.

Kr = 0,078 Ω /(Ω*m).

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

Rn = 12 Ω y Xn = 0 Ω

Y con todo esto, se obtienen los siguientes resultados:

Rt = 15,6 Ω

Id = 418,36 A

Ud = 6526,41 V

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), de esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

3.1.3 Tensiones de paso y contacto

La tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

Up = Kp *σ * Id = 0.0171 * 200 * 418.36 = 1430.80 V

Por otro lado no será necesario el cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación, ya que su valor será prácticamente nulo debido a la superficie equipotencial con la que cuenta el edificio prefabricado

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

Up acceso = Ud = Rt * Id = 15.6 * 418.36 = 6526.41 V

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$Up(exterior) = 10 \frac{K}{t^n}\left(1 + \frac{6 * \sigma}{1.000}\right)$$

$$Up(acceso) = 10 \frac{K}{t^n}\left(1 + \frac{3 * \sigma + 3 * \sigma h}{1.000}\right)$$

Siendo:

Up = Tensiones de paso en Voltios.

K = 78.5.

n = 0.18.

t = Duración de la falta en segundos: 1 s

σ = Resistividad del terreno.

σ h = Resistividad del hormigón = 3.000 Ω.m

Obtenemos los siguientes resultados:

Up(exterior) = 1727 V

Up(acceso) = 8321 V

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior: Up = 1430.80 V < Up(exterior) = 1727 V.
- en el acceso al C.T.: Ud = 6526.41 V < Up(acceso) = 8321 V.

En cuanto a las tensiones de contacto exteriores, no será necesario su cálculo, siendo éstas prácticamente nulas, por encontrarse las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro sin conexión eléctrica alguna con las masas conductoras.

Y lo mismo ocurrirá con las tensiones de contacto interiores, que no será necesario su cálculo, al ser éstas prácticamente nulas, por presentar el edificio prefabricado una superficie equipotencial.

4 LÍNEA SUBTERRANEA DE M.T.

4.1 Dimensionado del embarrado

Características del embarrado

Siendo el embarrado de pletina de cobre de 20 x 10 mm y 200 mm² de sección, de símbolo F 25, vamos a calcular la máxima intensidad de cortocircuito, por lo tanto, la máxima potencia de red a que se puede conectar el Centro de Transformación. Este cálculo se realiza teniendo en cuenta el coeficiente debido a la oscilación propia del material y la posible resonancia mecánica eléctrica del embarrado.

Las características mecánicas del cobre empleado son las siguientes:

- Límite elástico: .... R0,2 □ 2.000 Kg./cm².
- Carga de rotura: .... 30 Kg./mm².
- Módulo de elasticidad: .... 11 x 10^3 Kg/mm².

Frecuencia propia de oscilación del embarrado

Siguiendo el proceso de cálculo del F.U.T. de SIEMENS, emplearemos la fórmula:

$$N = C \frac{d}{l^2}$$

Siendo:

C = Constante = 3,6 x 10^5

d = Anchura del conductor en cm en el sentido del esfuerzo

l = Distancia entre apoyos

Con objeto de estudiar las posibilidades de aparición de resonancias, comprobaremos la frecuencia de oscilación propia:

d = 1 cm , l = 47 mm $\Rightarrow$ N/50 = 3,26

Las frecuencias propias de oscilación se hacen más peligrosas cuando su relación con respecto a la frecuencia de la red es del orden de 2. Todo ello como consecuencia de que los esfuerzos electrodinámicos del cortocircuito son pulsatorios y con una frecuencia principal doble que la de las corrientes que los originan.

Como puede verse (en la curva adjunta), estamos muy alejados de posibles resonancias.

Si se considerase la influencia del dieléctrico de hexafluoruro de azufre, la relación N/f aumentaría aún más, alejándonos, por consiguiente, de la zona de resonancia.

Calculo del coeficiente de vibración (V_{emb})

La relación calculada en el apartado anterior está muy alejada de la zona de resonancia. Podemos, en consecuencia, estimar, tal como se indica en la norma VDE 0103/02.82 (Figura 6), que el coeficiente de corrección de cargas por la característica de pulsación del esfuerzo no será superior a 1,1. Este será el factor de cálculo utilizado en el estudio.

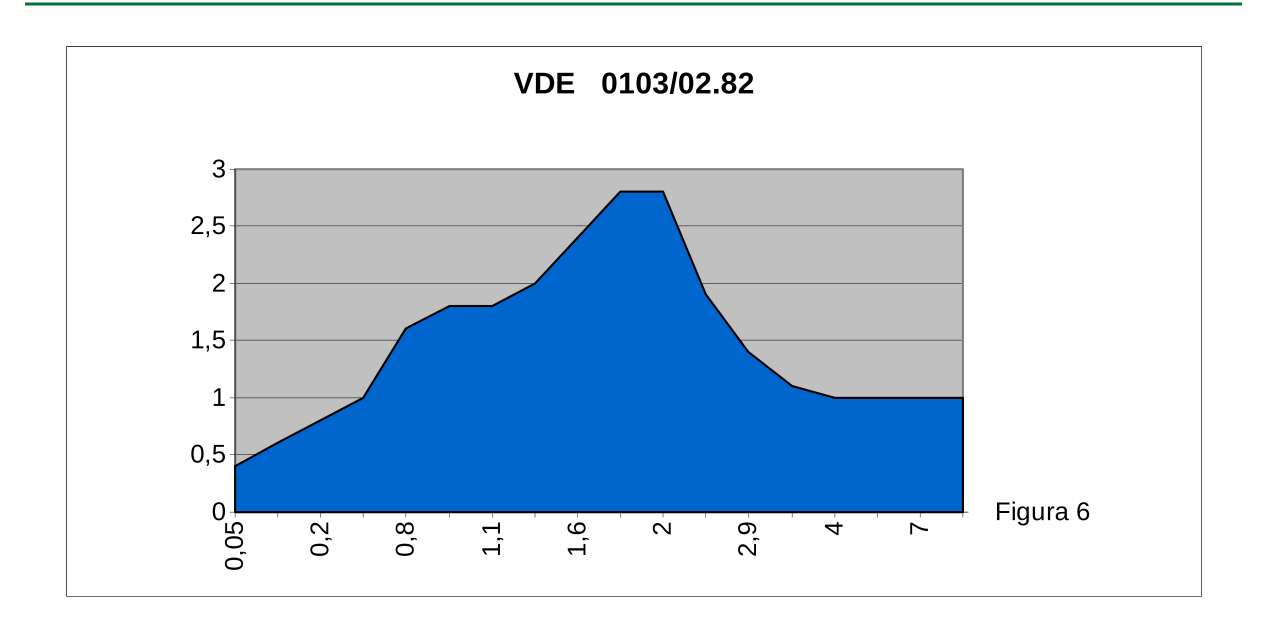


Figura 6

Simplificaciones para el cálculo

Con objeto de simplificar el cálculo, se realizan las siguientes simplificaciones:

a) Se considera que los tramos de barras horizontales trabajan como vigas apoyadas. Esta consideración es pesimista, ya que en algunos casos se trata de vigas con cierto empotramiento. Se adopta, sin embargo, este criterio que redundaría en un mayor margen de seguridad en el cálculo.

b) Se considera el coeficiente de distribución de esfuerzos en el caso de deformación plástica r=2 para barras rectangulares.

Calculo del esfuerzo máximo soportable por el embarrado horizontal

Consideramos únicamente el tramo de mayor longitud (470 mm.).

Momento flector máximo:

$$M = \frac{Pl^2}{8}$$

Momento resistente:

$$M = R\frac{I}{Z} = R * \frac{h * d^3 * 2}{12 * d}$$

Por lo tanto, igualando ambas expresiones:

$$P\frac{l^2}{8} = R\frac{h * d^2}{6}$$

De donde:

$$P = R\frac{h * d^2}{6} * \frac{8}{l^2}$$

Y si consideramos el factor (r) de distribución de esfuerzos en deformación plástica, tenemos:

R0,2 = 2.000 Kg/cm^2, d = 1 cm, r = 2, V emb = 1,1, l = 47 cm, h = 2 cm

$$P = \frac{8}{6} * R\frac{h * d^2}{l^2} * \frac{r}{V_{emb}} \quad \Rightarrow$$ P = 4,39 Kg/cm

El máximo esfuerzo que puede soportar el embarrado es de 4,39 Kg/cm.

Calculo de la intensidad máxima admisible

Partiendo del dato obtenido de carga por unidad máxima admisible podemos calcular la intensidad máxima que provoca dicho esfuerzo sobre las barras horizontales.

Según la conocida fórmula:

$$P_S = 2,04 * 10^{-8} * \frac{I_S{}^2}{a} Kg / cm$$

Siendo:

Is = Valor de cresta máximo de intensidad.

a = Distancia entre conductores.

De ahí:

$$I_S^{\,2} = \frac{a * P_S * 10^8}{2{,}04} A$$

$$I_S = \sqrt{\frac{a * P_S * 10^8}{2{,}04}}$$

Ps = 4,39 Kg/cm, Is = 65,60 KA, a = 20 cm.

La intensidad permanente de cortocircuito admisible correspondiente será, por lo tanto:

Icc = Is / 2,5 = 26,24 kA. (valor eficaz)

Potencia de cortocircuito admisible

De acuerdo con el resultado anterior, y considerando la tensión nominal, obtenemos:

Pcc = 1,73 x Icc.V = 1.090 MVA. (24 KV.)

Intensidad permanente máxima

La sección de la barra empleada es de 200 mm². De acuerdo con la norma DIN, y considerando una temperatura ambiente de 35⍰ C., la capacidad de la barra es del orden de:

In = 630 A.

Por todo lo anterior vemos que la potencia de cortocircuito a que puede ser conectado el Centro de Transformación es superior a la que existe realmente en el punto de enganche a dicha red.

Intensidad máxima de corta duración

Partiendo de los datos antes indicados de temperatura ambiente y sobrecalentamiento, se debe considerar que la temperatura máxima de servicio en régimen es de 65º C. Admitiendo que la temperatura final no debe sobrepasar los 175º C., cifra conservadora, la intensidad máxima de corta duración, calculada por la fórmula:

$$I_{th} = S * k \sqrt{\frac{\lg \frac{234 + T_e}{234 + T_i}}{t}}$$

Siendo:

S = La sección en mm^2 de la barra

Te = Temperatura final de la barra (175º C.)

Ti = Temperatura inicial (65º C.)

t = Duración del paso de la corriente (1 seg.)

k = Constante: 340

Según es práctica común, calculamos la intensidad para 1 seg. de duración, resultando:

$$I_{th} = 25 \ KA$$

Comprobación por densidad de corriente

La densidad de corriente de un conductor viene dada por la fórmula:

$$dp = \frac{I}{S} A / mm^2$$

Siendo:

I = Intensidad de paso 630 A.

S = Sección del conductor 200 mm^2.

dp = Densidad en A/mm^2.

Sustituyendo valores tendremos:

$$dp = \frac{630}{200} = 3{,}15\ A/mm^2$$

Valor inferior a los admitidos.

4.2 Cálculos eléctricos

4.2.1 Cálculo de la intensidad en A.T.

La intensidad primaria en un sistema trifásico de 20 KV está dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{1{,}73 * V_p}$$

Siendo:

P = Potencia en KVA.

Vp = Tensión primaria en KV.

Luego, en este caso, sustituyendo valores, tendremos:

Ip = 1600/1.73x20 = 46,18 A

Selección de fusibles de alta tensión

En los cortocircuitos fusibles se produce la fusión en un valor de la intensidad determinado pero antes de que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

La intensidad nominal del fusible de alta tensión, depende de la curva de fusión y normalmente esta comprendida entre 2 y 3 veces la intensidad nominal del transformador protegido, lo cual en nuestro caso, obtenemos:

$$K = I_f / I_n$$

Siendo:

I_f = Intensidad nominal del fusible

I_n = Intensidad nominal del transformador en A.T.

K = Valor de la curva. (entre 2 y 3)

Por tanto, la intensidad nominal de los fusibles de alta tensión en la celda de protección serán de 100 A.

4.2.2 Cálculo línea B.T. de trafo a cuadro de B.T

La intensidad máxima que soportará esta línea será:

$$I = P / \ 1{,}73 * V$$

I = 1600/1.73x0.400 = 2309,40 A

4.3 Calculo de la ventilación del C.T.

Para calcular el orificio mínimo de entrada de aire tomamos la expresión:

$$S_1 = \frac{6,3 \cdot P_t}{\sqrt{h \cdot t^3}}$$

Siendo:

S_1: superficie en m^2 del orificio de entrada de aire.

P_t: pérdidas totales del trafo según RU 5201 D (apartado 4.8 Tabla III) en KW. (19,60).

h: distancia vertical entre el centro del orificio de salida de aire al centro del transformador

t: diferencia de temperaturas de entrada y salida en ºC (entre 10 y 15 ºC.).

El orificio de entrada útil será 10% mayor que el calculado. Aplicado a nuestro caso, tendremos:

$$S_2 = 1{,}1 \cdot S_1 = 1{,}90 \text{ m}^2$$

El orificio de salida será, como mínimo, igual al de entrada.

4.4 Cálculo de la red de tierra.

En este apartado se seguirá detalladamente lo especificado en la MIE RAT 13, con las actualizaciones publicadas hasta la fecha.

Resolveremos este capítulo por el procedimiento propuesto por el Dr. Ingeniero Industrial D. Julián Moreno Clemente.

Para los cálculos se partirá de los valores de la resistividad del terreno, tomados de la tabla 1 de la MIE RAT 13, así como, los facilitados por la Cía. suministradora.

Los datos de partida son:

- Intensidad máxima de defecto .... 1.000 A.

- Tiempo máximo de desconexión .... 1 seg

- Resistividad media del terreno (Ro) .... 200 ?.m.

Adoptaremos un sistema de puesta a tierra en forma de ELE, de 3x12 mts., enterrado, de cobre desnudo a 0,5 mts de profundidad y con un total de 6 picas situadas a tres metros una de otra, según el esquema de la figura núm. 17 del libro de D. Julián Moreno.

La resistencia a tierra a prever en el sistema es:

$$R_t = K_r * R_o = 0{,}071164 * 200 = 14{,}23\Omega$$

La intensidad de defecto a considerar en el cálculo es:

$$I_d = \frac{U/1{,}73}{48 + R}$$

U = Tensión más elevada de la línea.

$$I_d = \frac{24000/1{,}73}{48 + 14{,}23} = 223 \quad Amp.$$

4.4.1 Tensiones de contacto

La tensión de contacto máxima real, será:

$$V = (K_r - K_C)R_O * I_d$$

$$V = (0{,}071164 - 0{,}02887) * 200 * 223 = 1{,}886 \ V$$

La tensión de contacto máxima admisible será:

$$Vc = \frac{K}{t_n}\left[1 + \frac{1{,}5 + R_O'}{1000}\right]$$

Al ser el tiempo máximo de desconexión de 1 segundo,

K = 78,5 y n = 0,18

Al disponerse de un suelo de hormigón, Ro' = 3.000 ⍰.m.

Luego:

$$V_C = \frac{78,5}{1}\left[1 + \frac{1,5 * 3000}{1000}\right] = 432\ Voltios$$

Así pues, el sistema no es válido al serla tensión de contacto mayor que la máxima reglamentación, por lo que tendremos que adoptar medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

a) Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

b) En el piso se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10cm, conectado a la puesta a tierra de protección del Centro. Cuando exista una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra, la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la (tensión de contacto exterior máxima) tensión de defecto (según apartado 4.4.2 del manual técnico UNESA de Febrero de 1.989). Se dotará al C.T. de una acera de 1,10 mts de anchura.

4.4.2 Tensiones de paso

La tensión de paso real será:

$$V = K_p * R_o * I_d$$

$$V = 0,00793 * 200 * 223 = 354\ \ Voltios$$

La tensión de paso máxima admisible será:

$$V_p = \frac{10K}{t_n}\left[1 + \frac{6 * R_o}{1000}\right]$$

$$V_p = \frac{10 * 78,5}{1}\left[1 + \frac{6 * 200}{1000}\right] = 1.727 \quad Voltios$$

Asimismo, el sistema es válido al ser la tensión de paso menor que la máxima reglamentaria.

4.4.3 Puesta a tierra del neutro

El potencial absoluto del electrodo vale

$$V_{abs} = I_d * R_t = 223 * 14,23 = 3,173 \quad Voltios$$

La separación de esta pica con respecto a la de herrajes, será:

$$D > \frac{R_O * I_d}{2 * \pi * 1000} = \frac{200 * 223}{2 * \pi * 1000} = 7 \ \ mts.$$

Respecto al valor máximo de la tierra del neutro, el MIE RAT no indica valor alguno, por lo que, con analogía con otros reglamentos, consideramos idóneos valores de resistencias de difusión próximos a los 20 ⍰, para lo cual se dispondrá de las picas necesarias conectadas en paralelo hasta conseguir dicha cifra.

5 LÍNEA SUBTERRANEA DE M.T.

5.1 POTENCIAS

Calcularemos la potencia real de un tramo sumando la potencia instalada de los receptores que alimenta, y aplicando la simultaneidad adecuada y los coeficientes impuestos por el **REBT**. Entre estos últimos cabe destacar:

- Factor de **1'8** a aplicar en tramos que alimentan a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga. (Instrucción **ITC-BT-09**, apartado 3 e Instrucción **ITC-BT 44**, apartado 3.1del **REBT**).
- Factor de **1'25** a aplicar en tramos que alimentan a uno o varios motores, y que afecta a la potencia del mayor de ellos. (Instrucción **ITC-BT-47**, apartado. 3 del **REBT**).

5.2 INTENSIDADES

Determinaremos la intensidad por aplicación de la siguiente expresión:

- *Distribución trifásica:*

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot Cos\varphi}$$

Siendo: V = Tensión entre hilos activos.

Circuito	$P_{instalada}$ (kW)	Factor de cálculo	U (V)	$I_{calculo}$ (A)
Línea B.T. alimentación de Cuadro Motor a C.T.	726	1,25	400	1309,86

5.3 SECCIÓN

Para determinar la sección de los cables utilizaremos los siguientes métodos de cálculo:

- Calentamiento.
- Caída de tensión.

Adoptando la sección nominal más desfavorable de las resultantes con los distintos métodos de cálculo.

5.4 CÁLCULO DE LA SECCIÓN POR CALENTAMIENTO

Aplicaremos para el cálculo por calentamiento lo expuesto en la norma **UNE 20.460-94/5-523.** La intensidad máxima que debe circular por un cable para que éste no se deteriore viene marcada por las tablas **52-C1** a **52-C14**, y **52-N1**. En función del método de instalación adoptado de la tabla **52-B2**, determinaremos el método de referencia según **52-B1**, que en función del tipo de cable nos indicará la tabla de intensidades máximas que hemos de utilizar.

La intensidad máxima admisible se ve afectada por una serie de factores como son la temperatura ambiente, la agrupación de varios cables, la exposición al sol, etc. que generalmente reducen su valor. Hallaremos el factor por temperatura ambiente a partir de las tablas **52-D1** y **52-N2**. El factor por agrupamiento, de las tablas **52-E1**, **52-N3**, **52-N4 A** y **52-N4 B**. Si el cable está expuesto al sol, o bien, se trata de un cable con aislamiento mineral, desnudo y accesible, aplicaremos directamente un **0,9**. Si se trata de una instalación enterrada bajo tubo, aplicaremos un **0,8** a los valores de la tabla **52-N1**.

Para el cálculo de la sección, dividiremos la intensidad de cálculo por el producto de todos los factores correctores, y buscaremos en la tabla la sección correspondiente

para el valor resultante. Para determinar la intensidad máxima admisible del cable, buscaremos en la misma tabla la intensidad para la sección adoptada, y la multiplicaremos por el producto de los factores correctores.

5.5 CAÍDA DE TENSIÓN

Una vez determinada la sección, calcularemos la caída de tensión en el tramo aplicando las siguientes fórmulas:

- *Distribución trifásica:*

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{K \cdot s \cdot U_n} \cdot 100$$

Siendo:

U_n= Tensión entre fases (V)

Una vez calculada la caída de tensión en el circuito en estudio, tendremos que comprobar que no supera el límite impuesto por la I.T.C.-B.T.-40 del R.E.B.T. por el que la caída de tensión que puede producirse en la conexión de los generadores no será superior al 3% de la tensión asignada de la red.

Circuito	Icálculo (A)	k (Criterio térmico)	Icálculo/k ≤ Imáx.adm. (A)	Imáx. adm. (A)	S (mm²)	L (m)	Cos ϕ	e (%)	e acumulada (%)
Línea B.T. alimentación de Cuadro Motor a C.T.	1309,86/4= 327,46	0,7	467,80	490	240	35	1	0,47	0,47

5.6 PROTECCIÓN FRENTE A SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

Para la protección de las líneas eléctricas se utilizarán interruptores automáticos. Una línea eléctrica está protegida frente a sobrecargas si se cumple la siguiente condición:

- **Ib ≤ In ≤ Iz**

Siendo:

- In: Corriente de corte del dispositivo de protección
- Ib: Corriente de utilización del conductor
- Iz: Corriente máxima admisible en el conductor

Una línea eléctrica está protegida frente a cortocircuitos si se cumple la siguiente condición:

- **Iccmáx ≤ PdC**

Siendo:

- Iccmáx: Intensidad de cortocircuito máxima de la línea aguas abajo de la protección
- PdC: Poder de Corte de la protección

Que para el caso de cortocircuito aguas abajo de un motor de cogeneración, tenemos que la Iccmáx será la obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$Iccmáx = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

$$Z = \frac{X}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n}$$

Siendo:

Un = Tensión nominal (V)

Z = Impedancia del generador (Ω)

X = reactancia subtransitoria del motor (15-25 %)

Sn = Potencia aparente del motor (VA)

En la instalación en estudio contaremos con el cuadro de baja tensión del centro de transformación al que llega el circuito de alimentación proveniente del motor y el correspondiente cuadro del motor que contará con las protecciones propias de éste, formando un conjunto compacto diseñado por el fabricante y descrito en las especificaciones técnicas del material suministrado.